

水稻害蟲之綜合防治

鄭清煥¹

摘 要

台灣水稻害蟲主要者有10餘種，在一期作平均可造成15.4%，二期作29.9%之稻穀損失。對該等害蟲之防治，以往偏重於殺蟲藥劑之使用，導致諸多副作用。有鑑於此，近年來積極發展綜合防治方法，研究內容包括各種主要害蟲經濟為害基準及防治適期之釐定，耕作防治法對害蟲族群之影響，害蟲天敵之保護，抗蟲品種之培育與利用，藥劑使用時期與方法以及害蟲之發生偵察與預測等，並已累積相當成果。目前台灣水稻害蟲之綜合防治策略係鼓勵栽植對主要害蟲具抗性稻種及調節氮肥及灌溉水管理，以抑制害蟲之發生密度，當害蟲族群密度超越經濟為害基準時，適時使用選擇性或短效性殺蟲劑以保護天敵等方法來治理害蟲。其結果非但可減少藥劑施用次數達 1/2 以上，提高天敵在田間之族群密度並可保持稻穀之產量，增加收益。唯此一綜合防治體系需改進之處仍多，建議繼續就其缺失加以改進，使之更臻完善。

前 言

水稻為國人之主要糧食作物，年栽培面積最高曾達 79 萬餘公頃⁽¹⁴⁾，近年來因社會變遷，國人飲食習慣隨之改變，導致稻米生產過剩，但栽培面積仍達 39 萬餘公頃，位居台灣各種作物之冠⁽¹⁵⁾。水稻在台灣一年栽植二期，其中一期作（1~6月）面積為 21.2 萬公頃，平均產量為 6,065 kg/ha，二期作（7~11月）面積為 17.9 萬公頃，平均產量為 5,494 kg/ha，二期作產量顯然較一期作為低⁽¹⁵⁾。除氣候因素外，二期作蟲害損失較一期作為嚴重，亦為導致低產的重要因素⁽²²⁾。

為害水稻之害蟲，在台灣經記錄者達 140 種，其中大部為偶食性或兼食性者，主要害蟲則只有 10 餘種，而此等害蟲又隨地區環境及耕作制度之演變，發生種類及其為害之嚴重性而迭有變動⁽²²⁾。在目前為害第一期作之主要害蟲有二化螟蟲、斑飛蝨，另在南部有黑尾葉蟬，東部及北部有負泥蟲，桃、竹、苗地區有水稻水象鼻蟲；在二期作主要者有褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、瘤野螟及長角麥蚜等，此外在南部地區之黑尾葉蟬及電光葉蟬以及台中地區之大螟等之發生密度亦有逐年增高之趨勢。就各種害蟲發生為害時期而言，在一期作水稻分蘖期有二化螟蟲，負泥蟲（北部及東部），及水稻水象鼻蟲（桃、竹、苗），孕穗期有二化螟，抽穗後至成熟期有斑飛蝨、黑尾葉蟬（南部），負泥蟲（北及東部）及水稻水象鼻蟲之成蟲為害；在二期作，分蘖期有稻心蠅、白背飛蝨、瘤野螟及稻苞蟲（局部），孕穗期有褐飛蝨，抽穗後至成熟期有褐飛蝨、斑飛蝨、瘤野螟、長角麥蚜、大螟（局部），黑尾及電光葉蟬（南部）之為害。此等害蟲之發生族群每年度動頗大，並不一定都需要加以防治。

¹ 台灣省農業試驗所嘉義分所。

據已往調查水稻害蟲之爲害在一期作可造成1.5至40.2%，全省平均15.4%之稻穀損失，二期作由3.1至90.2%平均29.9%之損失⁽²²⁾。對此等害蟲，過去一向偏重噴佈殺蟲劑來防治，但使用時期因無依據可尋，使用量及次數往往超過實際需要者甚多。在過度農藥使用情況下，除增加生產成本外，並因毒殺天敵，引起主要害蟲之再猖獗（如褐飛蟲），次要害蟲之嚴重發生（如長角麥蚜），害蟲之抗藥性（如黑尾葉蟬），以及污染環境及食物等作用。因此尋求經濟安全有效之防治方法乃成爲水稻害蟲防治之重要課題。爰將近年來，台灣爲改進水稻害蟲防治所發展之綜合防治措施，提出報告，以供業者之應用及供今後研究改進之參考。

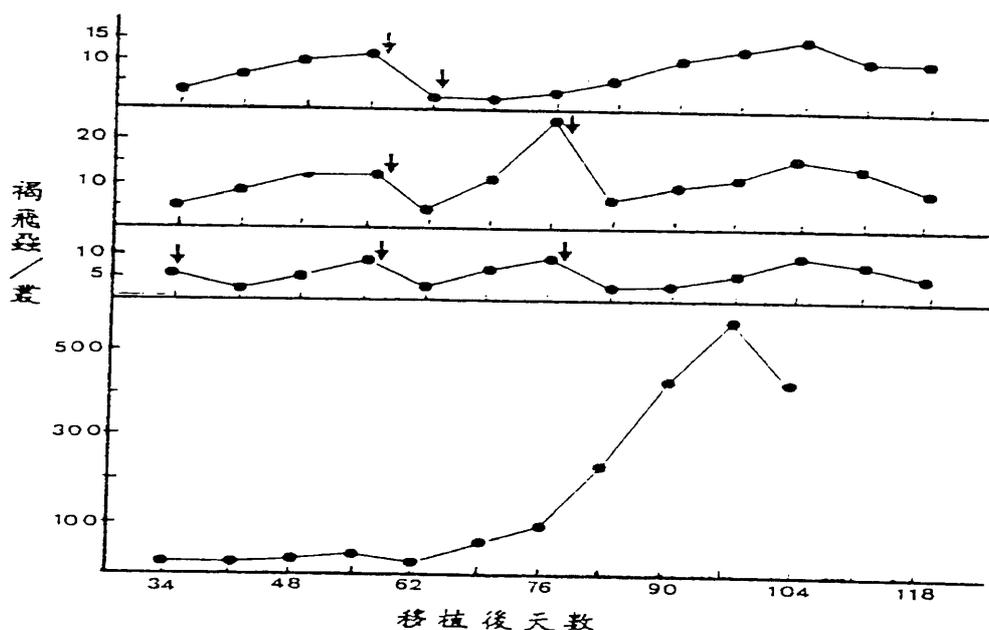
水稻害蟲綜合管理策略之組成

水稻害蟲經濟爲害基準之釐定

害蟲之經濟爲害基準係指可能造成作物經濟損失之最低害蟲的族群密度⁽³⁸⁾，也就是害蟲爲害作物之族群密度對作物爲害損失之價值等於防治該害蟲所需之費用。在實際應用時，經濟爲害基準係指從事防治時防治獲益較防治費用爲大時之害蟲族群密度⁽³⁹⁾。當害蟲之族群密度在經濟爲害基準之下，作物可容忍其爲害，對作物產量並不構成經濟上的損失，並無施藥防治的價值。然而此一基準之釐定受作物之品種及其生育期，害蟲之發育期，防治費用（人工及藥劑），防治效率，作物之產量與其市場價格所影響，因此需隨上述影響因素之變動而修訂。由於此一基準之訂定，可供作害蟲是否需要防治，防治之適當時期以及防治效果之評估依據，被認爲是害蟲綜合防治之重要基石。

台灣重要水稻害蟲之經濟爲害基準，經過去多年之研究，大部業經訂定，如褐飛蟲及白背飛蟲之經濟爲害基準在水稻糊熟期前爲每叢稻達5~10隻，其後爲20隻以上⁽²³⁾；斑飛蟲、黑尾葉蟬及電光葉蟬爲每掃網10~20隻⁽²²⁾；二化螟在分蘖期爲葉鞘變黃率達10~15%，其後爲白穗率2%以上⁽²²⁾；瘤野螟在孕穗期後爲每平方公尺發現成蟲1隻以上，或成蟲發生盛期後7天每叢稻有一隻幼蟲以上⁽¹⁹⁾；負泥蟲在水稻分蘖期爲每叢稻2隻以上⁽²²⁾；水稻水象鼻蟲在遷入期（水稻分蘖初期）爲每叢稻0.5隻以上⁽³⁴⁾；稻心蠅爲水稻移植後20天內被害率在20%以上⁽²²⁾。

理論上，當害蟲之族群密度達到上述經濟爲害基準即應施藥處理，若在該密度之下則無需理會。但在實際應用上，除各種害蟲的經濟爲害基準外，尚需考慮害蟲族群在田間的增長模式以及水稻的發育情況。蓋在同一農業的生態系下，害蟲之族群的增長模式幾乎已成定型，只是因受作物品種及氣候環境等之影響，每年各世代之發生時期及發生量略有變動。害蟲之防治應注意其族群發生高峰期造成危害之前一世代或造成災害之世代之初期的密度是否達到經濟爲害基準來決定。以主要害蟲之經濟爲害基準以及其發生期來決定防治適期，可減少許多的噴藥次數。此外，如褐飛蟲、白背飛蟲以及螟蟲類等危害水稻基部之害蟲，防治期應盡量考慮在水稻抽穗期前進行，否則因劍葉及稻穗之抽出，增加稻株冠部的厚度而阻礙藥劑噴佈到害蟲棲息處，將很難獲得良好的防治效果。以二期水稻褐飛蟲的防治爲例，該蟲一般在二期水稻插秧後遷入稻田，經二個世代的增殖於第三及第四代造成嚴重爲害，在訂定該蟲之經濟爲害基準及防治適期前，一般農民需噴藥3至6次，但依據防治適期於孕穗後期施用藥劑1至2次，即可獲得有效的抑制效果（圖一）⁽²⁹⁾。



圖一、於不同時期施藥處理對褐飛蝨族群之抑制效果。

Fig. 1. Effect of timing application of insecticide on the population of brown planthopper.

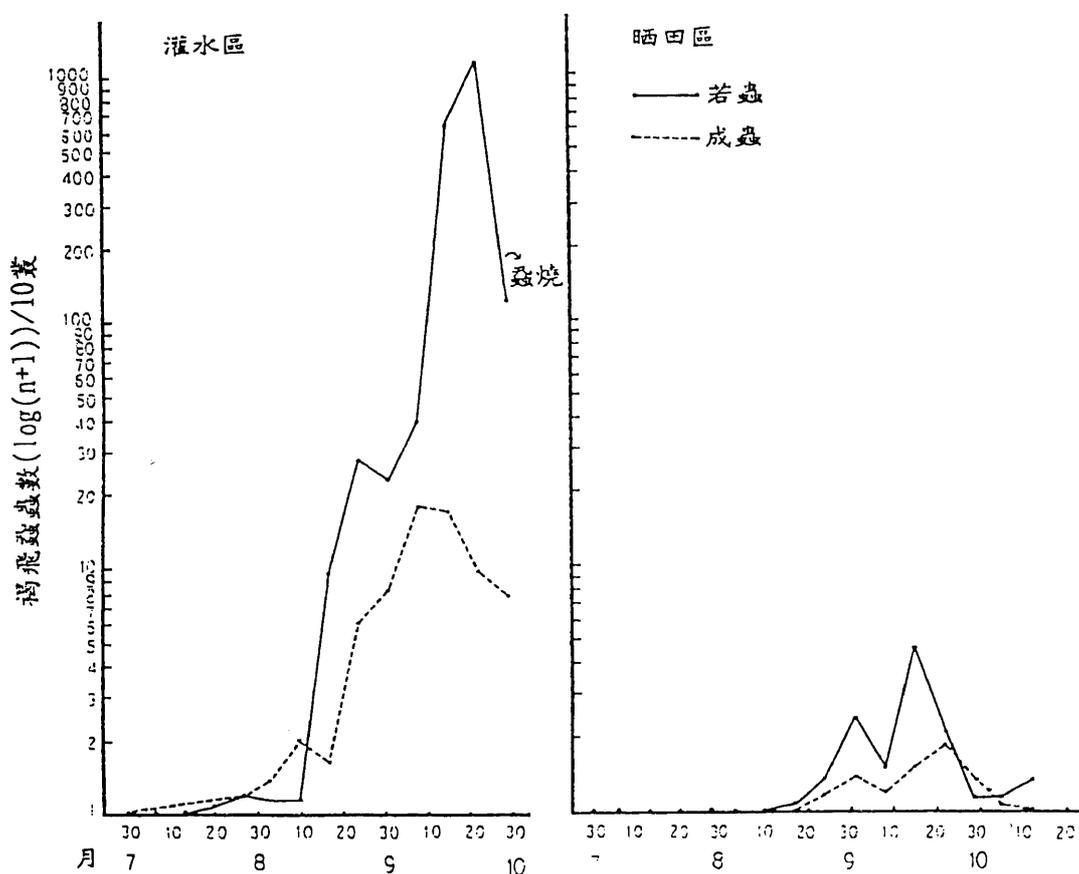
- A: Two sprays during the nymphal stage of 2nd generation with an interval of 7 days,
 B: Spray at the maximum nymphal stage of the 2nd and 3rd generations,
 C: Spray at the maximum nymphal stages of the 1st, 2nd and 3rd generations,
 D: Untreated control.

耕作防治

藉作物耕作方式的改變以減少某些作物害蟲的族群密度已有許多資料可資參考。由台灣水稻的栽培制度演變與主要害蟲發生的變遷可發現兩者具密切的關連⁽²⁰⁾。最熟習的例子為在台灣光復初期，由於台灣水利設施尚未完備，水稻之栽植相當零亂，區分為灌溉區之普植稻，缺水區之延期作（依當年下雨時期而定），栽植冬作之後期作以及因種植黃麻地區之中間作，三化螟因食物之連慣而常於中間作及二期作造成嚴重災害⁽¹¹⁾。但於1950年代後期，由於增產措施，增設水庫及普通開發地下水以及使用PE布保溫秧苗等，使一期水稻可提早插秧，栽培期漸趨一致，致使三化螟，逐漸由主要害蟲而式微成次要害蟲，於在田間難予發現⁽²⁰⁾其後崛之二化螟蟲，由於該蟲約有2/3在稻稿越冬，1/3在稻蔸越冬⁽⁶⁾，因此稻稿之處理成為影響該蟲族群發生密度與危害至為重要之因素。1960年代後期台灣逐漸使用耕耘機替代耕牛，水稻收穫之稻稿隨即於田間燒毀，而不再如以往之堆積田間供作耕牛飼料，此一轉變導致二化螟之危害嚴重性大幅下降⁽²⁰⁾；然而在1980年代，由於政府勵行稻田轉作制度，而使稻稿復又被農民利用於園藝作物栽培之畦田覆蓋，且因人工缺乏，推廣所謂水稻收穫後不整地之冬作栽培，導致二化螟之死灰復燃，普遍在各地發生⁽¹⁶⁾。不整地栽培之措施，由於再生稻同時亦可提供斑飛蝨，黑尾葉蟬等之越冬期良好飼料，因此在冬作不整地栽植盛行地區，該等害蟲之直接危害以及其所傳播之毒素亦較其他地區為嚴重⁽²⁰⁾。

在水稻生育期中，施肥、灌水管理、藥劑之使用方式亦對若干害蟲之發生量具密切之影響。偏重氮肥的施用，因植株發育茂盛以及提供較佳之營養，可促使褐飛蝨、瘤野螟及二化螟蟲等之嚴重發生已有許多資料^(2, 25)。至於灌水與害蟲發生量之關係，在台灣研究較顯著的

例子，如在水稻移植後盡量保持淺水位（低於1 cm）並於其成活後晒田10至20天，可顯著降低水稻水象蟲之危害程度⁽³⁴⁾；在二期作直播田水稻發芽後，即晒田至土表乾裂，秧苗開始有枯凋之現象時再行灌水，則可極明顯的減少褐飛蟲、斑飛蟲及黑尾葉蟬等之發生密度（圖二）⁽¹⁷⁾。凡此種種藉耕作制度來改變主要害蟲之發生與危害，各地區可視情況溶入害蟲防治體系，以減少使用殺蟲藥劑之防治次數。惟在此方面之研究在台灣尚無整體深入之研究觀察，如藉用灌排水管理之措施可能引起之正面及負面之影響如何，有待日後進一步綜合評估。



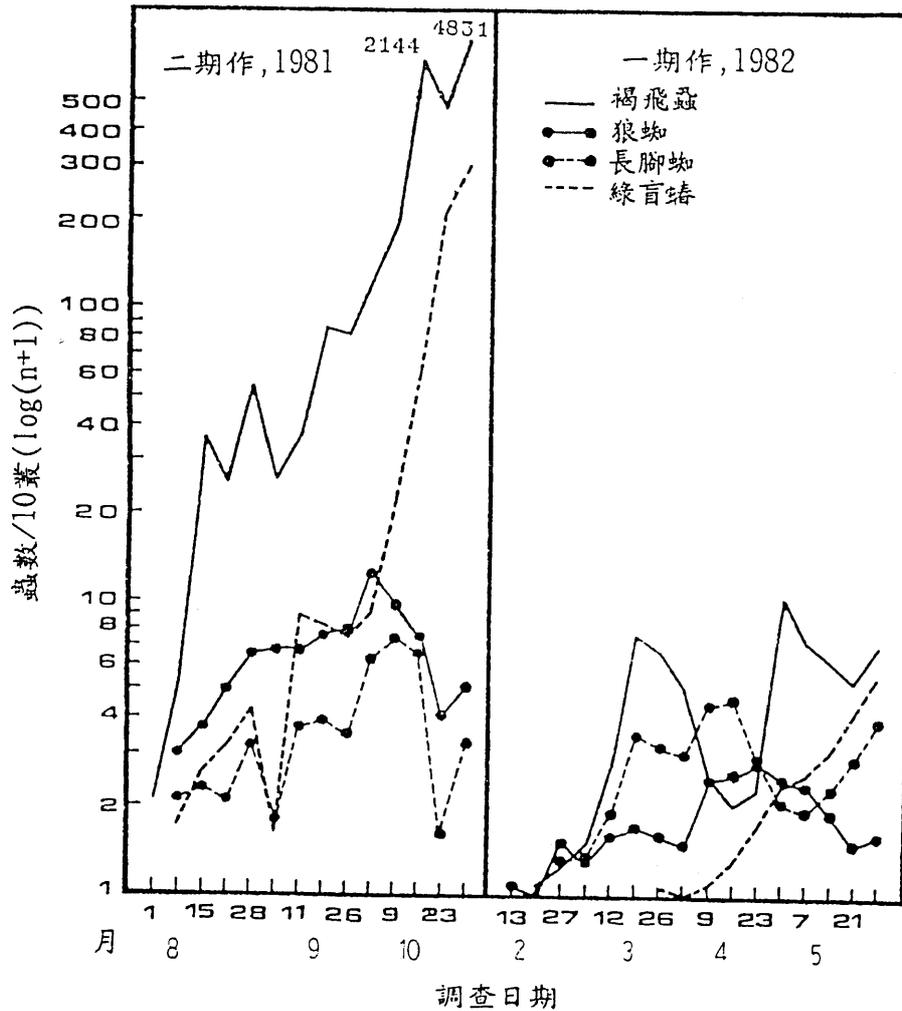
圖二、直播田晒田區及灌水区褐飛蟲族群之發生密度差異比較，2期作，1993。

Fig. 2. Effect of draining in the early stage of direct seeding rice on the population of brown planthopper, 2nd crop, 1993.

生物防治

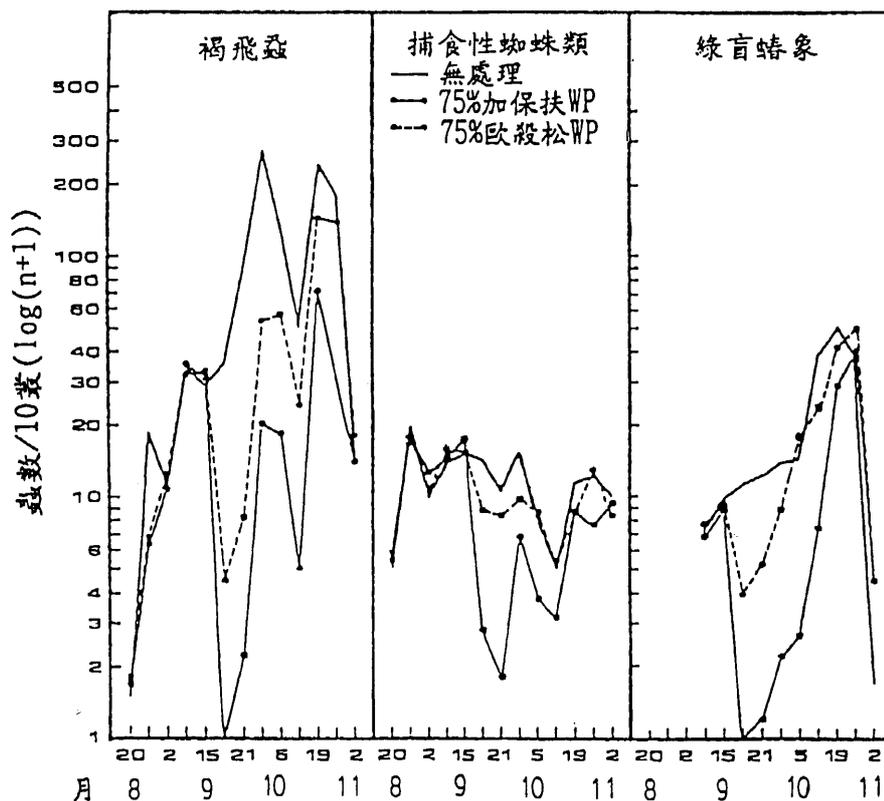
台灣水稻害蟲之天敵調查已有許多文獻可查^(7,8,13,26)。這些天敵在室內之捕食能力或在田間之寄生率亦有報告發表，但對天敵之整體抑制效果則鮮有資料可稽。Cheng在無藥劑處理田間調查寄生性及捕食性天敵對褐飛蟲之抑制效果顯示，無論捕食性之盲蝽或蜘蛛類之族群以及寄生蜂類之寄生率均隨褐飛蟲之族群密度增高而增加，在二期作中，綠盲蝽之密度最高可達每叢稻30隻左右，而捕食性蜘蛛亦可達2隻以上，卵寄生蜂之寄生率高達70%左右，但褐飛蟲密度平均仍高達每叢稻483隻，整塊水稻田終被害枯萎（圖三）⁽²⁸⁾。按室內試驗，每隻六點狼蜘蛛平均每天可捕食褐飛蟲蟲數由數隻至10餘隻，隨褐飛蟲之密度增加而提高；將5對綠盲蝽與5對褐飛蟲同接於盆栽水稻上，經30天後與對照組比較，可減少褐飛蟲蟲數達60.5%，

但褐飛蝨之繁殖率約為綠盲蝽之6至10倍，因此雖然在田間具高密度之捕食性天敵與寄生蜂寄生，單獨靠天敵之抑制仍無法有效地防治褐飛蝨之為害⁽²⁶⁾。然而假若無此等天敵之抑制，則褐飛蝨之族群密度之增殖勢必更為猖獗，而於水稻生育初或中期即可造成嚴重災害。因此如何保護天敵，使之發揮其抑制害蟲的力量是為水稻害蟲綜合防治之重要課題。無計畫地使用藥劑防治害蟲是為減少天敵族群密度的最大因素。一般使用於防治水稻害蟲之有機磷劑、氨基甲酸鹽劑對捕食性蜘蛛或盲蝽大部份具強烈的毒殺作用⁽³⁴⁹²⁶⁾，對卵寄生蜂之影響較輕⁽⁷¹²⁾。為保護天敵，於適當時期選用短效性藥劑如 Acephate⁽²⁹⁾或選擇性殺蟲劑，如 Buprofezin⁽²⁶⁾，可有效防治飛蝨、葉蟬類而避免對天敵構成顯著的影響（圖四）。



圖三、捕食性天敵之族群變動與褐飛蝨族群發生密度之關係。

Fig. 3. Effect of predatory spiders and mirid-bug on the population of brown planthopper.



圖四、施用歐殺松及加保扶對褐飛蟲及捕食性天敵之影響。

(稻穀產量：加保扶處理：4601 kg/ha，歐殺松4492 kg/ha，無處理：4140 kg/ha)

Fig. 4. Effect of application of acephate (short residual effective insecticide) and carbofuran (longer residual effective insecticide) on the population of brown planthopper and its predatory natural enemies (Grain yield: Acephate treated plot: 4492 kg/ha, Carbofuran treated plot: 4601 kg/ha, Untreated control: 4140 kg/ha).

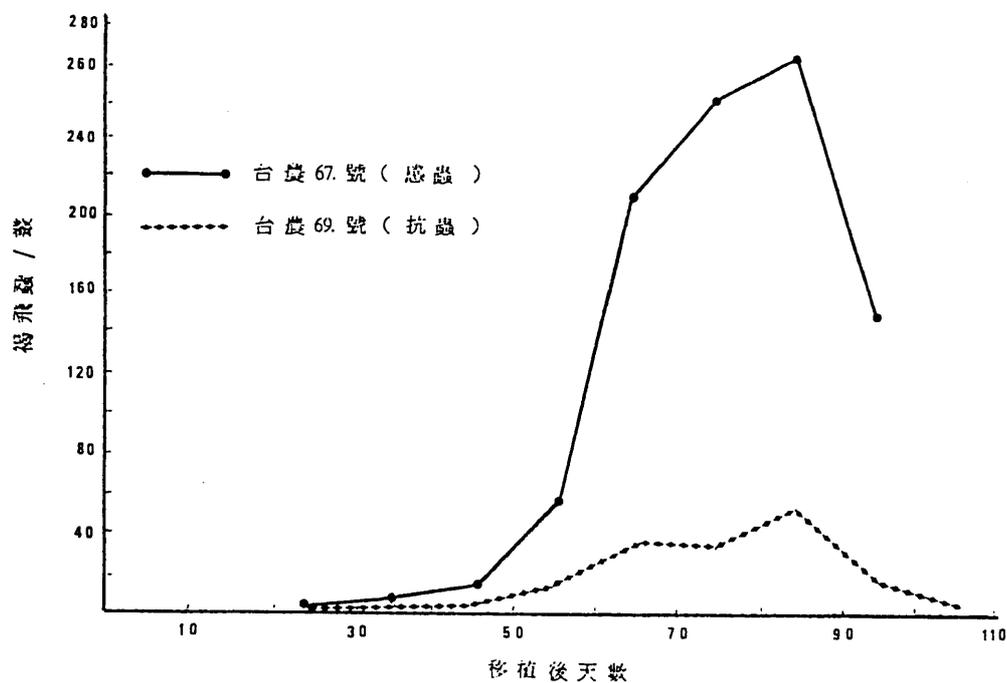
抗蟲品種之利用

台灣原栽植或保存水稻品種對主要害蟲均呈感受性⁽³⁰⁾，加之為增產，常過度地使用氮肥，一旦氣候環境適於害蟲之發生繁衍，常導致嚴重災害。為此農民常需使用農藥防治害蟲，除增加生產成本外並常導致害蟲之抗藥性及再猖獗之產生^(1, 31, 32, 35)。栽植抗蟲稻種可減少農藥使用而有利於天敵之立足與繁衍。為此，台灣於1969年即著於水稻抗褐飛蟲等之育種研究，20年來，已推廣之抗蟲稻種如表一所示，對褐飛蟲具抗性者有16種，對白背飛蟲具抗性者有17種，抗斑飛蟲具抗性者有28種。以褐飛蟲為例，在抗蟲稻種台農69號上，褐飛蟲最高族群密度只達感蟲稻種台農67號之1/7（圖五），即使全生長期不施用殺蟲藥劑亦不致構成嚴重災害，但在感蟲稻種，則可導致60%左右之稻穀損失。因此栽植抗蟲稻種除對該稻種不具抗性之害蟲需用藥劑防治外，對主要害，如褐飛蟲則無需施用任何藥劑加以防治。

表一、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨之抵抗性品種

Table 1. Insect resistant rice varieties developed in Taiwan

品種名稱	褐飛蝨	白背飛蝨	斑飛蝨	品種名稱	褐飛蝨	白背飛蝨	斑飛蝨
台中65號	S	S	MR	嘉農秈6號	S	R	R
台中122號	S	MR	S	嘉農秈8號	S	MR	R
台中145號	S	MR	S	嘉農秈11號	R	R	R
台北177號	S	MR	S	台中秈3號	S	MR	R
嘉南3號	S	S	MR	台中秈5號	S	MR	R
新竹24號	S	R	S	高雄秈7號	R	S	S
新竹53號	S	R	S	台農秈12號	R	—	R
台東16號	S	S	MR	台中秈10號	MR	S	R
高雄27號	S	S	MR	台南秈15號	S	S	MR
台北139號	S	MR	S	台中秈16號	MR	R	R
台南4號	S	S	MR	台農秈14號	R	MR	R
台東27號	S	S	R	台農秈18號	R	MR	MR
台農62號	S	S	MR	台農秈19號	R	MR	R
台東28號	S	S	R	台中秈17號	R	S	MR
新竹64號	S	S	MR	台農秈20號	R	S	R
台農68號	MR	S	S	台農秈糯2號	R	S	MR
台農69號	R	R	MR	台中秈糯1號	R	MR	R
台農70號	MR	MR	S				
台農72號	R	S	R				
台中秈2號	S	S	MR				



圖五、褐飛蝨在抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較。

Fig. 5. Differences between the population of brown planthopper on the resistant (Tainon 69) and susceptible (Tainon 67) varieties.

藥劑防治

藥劑防治是維持水稻之產量及品質的最後一道防線。當使用上述耕作方法，生物防治以及抗蟲品種之栽培仍無法控制害蟲之族群密度於經濟為害基準之下時，就必需考慮施用殺蟲藥劑來壓抑其族群之增長及危害。當需使用藥劑時，首先需考慮到藥劑的選擇，對防治對象害蟲具選擇性或短效性者為優先考慮，對於若干藥劑於使用後可能引起其他害蟲再猖獗者，如防治螟蟲之使用 Methyl parathion, Sumithion, Diazinon 及 Fenthion 等可引起褐飛蟲之再猖獗者^(30,31)，在水稻生育早期應避免使用。藥劑之使用時期及方法於使用藥劑防治時亦需詳加規劃，對於經常性可能造成為害的害蟲應於造成嚴重為害之前一世代之幼蟲若齡期防治，而對於偶發性害蟲則以發生為害之當世代之若齡幼蟲期防治較為經濟有效。一般害蟲最後兩個齡期之取食量（葉面積或吸汁量），通常佔全幼期取食量之 80 至 90%^(19,37)，在若齡期防治除因害蟲對藥劑之感受性較高外，並可避免其為害。至於藥劑使用方法，對水稻生育早期害蟲，宜以秧苗箱藥劑處理方法或使用粒劑土壤混拌法實施，可以減少藥劑對天敵之毒害；對於水稻發育中、後期之害蟲應盡可能於水稻抽穗前給予防治，以免抽穗後因植冠太厚，妨礙藥劑噴及害蟲之棲息部位。

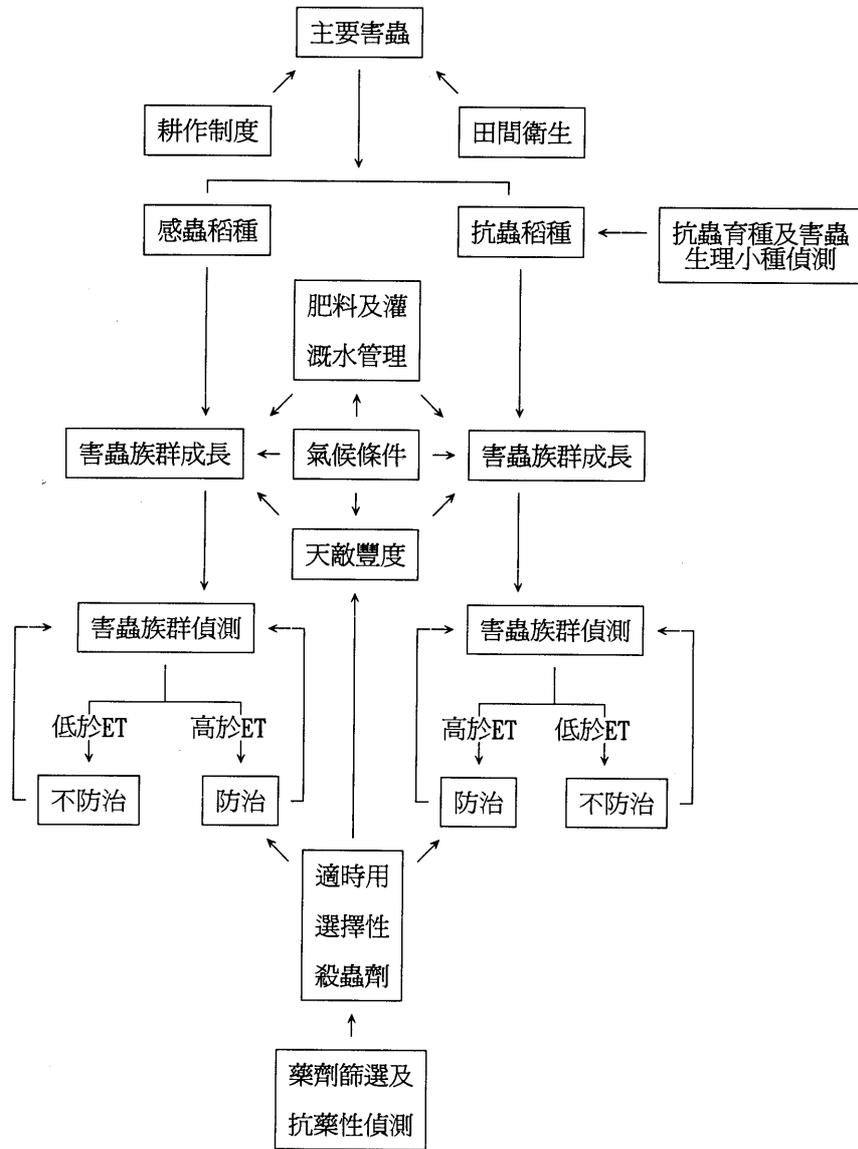
害蟲發生偵察及預測

害蟲發生偵察及預測為蟲害綜合防治極為重要的一環，害蟲應否施藥防治及防治時期之確定均有賴正確之田間害蟲發生偵察來決定。台灣省政府於 1966 年在各區農業改良場設置病蟲害預報員，作定點及不定點之巡迴調查，發現某種病害蟲可能發生危害即發佈警報提醒農民注意防治⁽⁴⁰⁾。此一措施在水稻增產期的確發揮相當大的作用。然而隨時代之進展，以及農業之轉型，預報員之業務從新調整，致使水稻重要病、害蟲之發生預測必需走上更簡易且合乎科學化之制度。經過數年之資料搜集及分析，目前已完成褐飛蟲及斑飛蟲之中長程發生預測方程式⁽⁴⁸⁾，經五年之試測，其準確性可達 80% 以上。其他重要害蟲之發生預測亦正積極搜集資料及分析中。待這些預測模式建立後，當可早期可提供資訊供農民及有關業者及早準備方治事誼，以減少過去使用預防性防治而頻於施藥之缺失。

水稻害蟲之綜合防治現狀

害蟲綜合防治之目的主要在於減少農藥使用及其對生態環境之衝擊。台灣水稻害蟲之綜合防治體系迄至目前已初具規模（圖六），主要害蟲發生種類深受耕作制度及田間衛生之影響，但其族群密度則受氣候、稻種、肥料及灌溉水管理以及天敵之豐度等影響。其中除氣候條件為無法控制因素外，其他因素則均可利用人為之操作使之不利於害蟲族群之成長。在目前害蟲管理策略，希望盡量利用不利於害蟲族群增長之因素壓抑其密度於經濟為害基準 (ET) 之下，若其族群密度超越該基準才使用殺蟲藥劑防治，否則即不用施藥。在現階段，水稻害蟲之綜合防治主要係利用栽植抗褐飛蟲之稻種以抑制該主要蟲之族群密度，並藉連續的田間害蟲偵測來決定是否需要施用殺蟲劑與否。採取此簡略措施已可使原來農民每期作施用藥劑次數由 3~6 次減為 1~2 次⁽²⁸⁾。依田間試驗結果顯示無論栽植感蟲或抗蟲品種，只要按害蟲的經濟為害基準施藥處理，則其產量與完全保護區並無顯著差異，但施藥次數在二期作可較完全防治區減少 3~5 次，一期作減少 3 次，而經濟收益則增加 10% 以上（表二），比較栽植抗蟲與感蟲稻種，則栽植抗蟲品種之台農 69 號者顯然較栽植感蟲稻種台農 67 號為高，其中尤以栽

植抗蟲稻種並按經濟為基準施藥處理區所獲之純收益為最高。各處理區對天敵之影響示如表三，對捕食生天敵狼蜘蛛及卵被寄生蜂之寄生影響不顯著；但對盲蝽，其族群在按經濟為害基準之處理區顯著地較完全處理區為高，顯示藉栽植抗蟲品種及按經濟為害基準施藥非但可獲最高收益，並可因減少藥劑之施用而保護天敵在田間發揮壓抑害蟲之作用。



圖六、水稻害蟲綜合管理策略橫式圖

Fig. 6. Scheme for management of insect pests on rice.

表二、水稻害蟲綜合管制對稻穀產量及收益之影響

Table 2. Integrated resistant variety and economic threshold for control of rice insect pests on the grain yield and net profit

品 種	保 護 程 度	施藥次數	產量(kg/ha)	純收益(NT \$)	指 數
二 期 作, 1984					
台農69號	完全防治處理	7	5334 a	81,121	90.2
	依經濟為害基準處理	2	5301 a	91,068	101.2
	無藥劑處理	0	4785 b	89,951	100.0
台農67號	完全防治處理	7	5462 a	83,531	187.6
	依經濟為害基準處理	4	5197 a	85,111	191.2
	無藥劑處理	0	2368 b	44,522	100.0
一 期 作, 1985					
台農69號	完全防治處理	5	5437 a	85,355	85.7
	依經濟為害基準處理	2	5430 a	97,493	97.9
	無藥劑處理	0	5296 a	99,559	100.0
台農67號	完全防治處理	5	5735 a	90,947	89.9
	依經濟為害基準處理	2	5689 a	102,373	101.3
	無藥劑處理	0	5376 b	101,073	100.0

表三、褐飛蝨天敵在不同防治處理區之族群比較，二期作，1984

Table 3. Integrated resistant variety and economic threshold for control of rice insect pests on the population of natural enemies, 2nd crop, 1984

處 理	捕食性天敵數/叢 ⁴								
	狼 蜘蛛			盲 蝽			卵寄生率(%) ⁵		
	30DAT	60DAT	90DAT	30DAT	60DAT	90DAT	30DAT	60DAT	90DAT
台農69號									
無藥劑處理	0.5	0.8	0.6	0.5	2.6	26.8	28	42	90
依經濟為害基準處理 ¹	0.4	0.8	0.5	0.3	2.0	19.6	23	45	74
完全防治處理 ³	0.3	0.7	0.5	0.1	1.3	8.9	24	36	63
台農67號									
無藥劑處理	0.6	0.8	0.4	0.4	2.3	34.3	25	38	61
依經濟為害基準處理 ²	0.5	0.9	0.4	0.4	2.5	14.2	25	48	63
完全防治處理 ³	0.3	0.6	0.3	0.1	0.8	11.4	30	40	62

¹ 移植後80天使用75%歐殺松0.6 kg ai/ha防治瘤野螟。

² 移植後60天及80天使用75%歐殺松0.6kg ai/ha防治褐飛蝨及瘤野螟。

³ 移植後20、40、60、80及100天使用75%歐殺松0.6 kg ai/ha防治稻心蠅、褐飛蝨及瘤野螟。

⁴ 每小區面積60 m²，4重複，每小區取樣40叢。

未來展望

台灣水稻害蟲綜合防治體系目前雖已具初具雛形，但需改進之處仍多，如害蟲之經濟為害基準隨著稻種、產量、米之市場價格、防治成本等因素而變動，而過去所釐定之基準因上述因素之變動是否仍適用有待檢討；其次為過去釐定之經濟為害基準均針對單一害蟲，但對多種害蟲同時為害情況下，其經濟為害基準如何釐定有待進一步研究。此外台灣目前育成之

抗蟲品種大部均針對單一害蟲，無法顯著地減少施藥次數，因此有計畫地培育多抗性品種，則有待進一步研究。另一方面天敵之利用，尤其微生物農藥在水稻生育初、中期害蟲防之可行性亦應積極探討，以免因使用合成殺蟲劑而影響天敵之立足與繁衍。農業耕作防治法之開發，對某些害蟲族群具顯著之抑制效果，但其副面影響如何亦有待進一步評估。

總之，一種作物之害蟲綜合防治，必需考慮到該種作物之全體生態系之平衡才能保持久遠而穩健之效果，若只注意到使用某一種方法去防治一種害蟲而忽略到其他害蟲之生態平衡，則持無法持久。此一觀念在現今推行所謂永續農業的過程中，尤應注意勿過度的強調蟲害防治之“有機化”，否則我們將回到1940年代之原點打轉。

參考文獻

1. 古德業 辛竹英 王順成 1976 常用殺蟲劑對水稻褐飛蝨和黑尾葉蟬之抗藥性研究 台灣農業 12(3)：148~164。
2. 朱耀沂 何坤耀 1981 瘤野螟有關文獻之綜評 國立台灣大學植物病蟲害學報 8：36~56。
3. 朱耀沂 何琦琛 陳碧珠 1975 數種殺蟲劑對褐飛蝨(*Nilaparvala lugens* (Stal))黑尾浮塵子(*Nephotettix cincticeps* Uhler)及其捕食性天敵六點狼蜘蛛(*Lycosa pseudoannulata* B. ets.)之相對毒性 植保會刊 17(4)：424~430。
4. 朱耀沂 林鼎翔 穆萃 1976 九種防治二化螟蟲殺蟲藥劑對水稻害蟲及其捕食性天敵之相對毒性 植保會刊 18(4)：369~376。
5. 何火樹 劉達修 1970 台中地區水稻二化螟之生態研究 台灣農業 6(1)：7~14。
6. 李平全 侯豐男 1989 黑薑菌對斑飛蝨之病原性 中華昆蟲 9(1)：13~20。
7. 林桂瑞 1974 台灣黑尾葉蟬及褐飛蝨之寄生天敵 農業研究 23(1)：91~115。
8. 邱瑞珍 1978 水稻偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵 p.47~82 載於水稻病蟲害、生態與流行學(邱人璋編) 農委會 台北。
9. 邱瑞珍 鄭清煥 1976 防治稻蟲藥劑對稻飛蝨、葉蟬類捕食性天敵之毒性 植保會刊 18(3)：254~260。
10. 洪汝煌 1971 台灣稻作保護工作 台灣農業 7(4)：63~75。
11. 陶家驊 1966 台灣三化螟及二化螟害問題 科學農業 14(9-10)：273~288。
12. 陶家驊 1956 水稻螟蟲田間藥劑試驗與藥劑對螟卵寄生蜂影響之研究簡報 植病通訊 2(4)：8~12。
13. 陳健忠 邱瑞珍 1983 台灣縱捲葉蟲天敵之調查 中華農業研究 32(3)：286~291。
14. 農林廳 1993 台灣省農業年報 台灣省政府農林廳編印。
15. 農林廳 1977 台灣省農業年報 台灣省政府農林廳編印。
16. 劉達修 王文哲 王玉沙 1991 台中地區二化螟多發生地區猖獗因子之研究 中華昆蟲 11(4)：300~309。
17. 鄭清煥 1994 直播田水稻害蟲防治技術之研究 p.5-1~13 載於1994年水稻病蟲害防治技術改進研究報告 行政院農業委員會。
18. 鄭清煥 1990 嘉南地區褐飛蝨族群動態及其發生預測之研究 中華昆蟲 10(1)：1~26。
19. 鄭清煥 1987 嘉南地區瘤野螟之生態觀察 植保學會刊 29(2)：135~146。

20. 鄭清煥 1986 台灣稻作害蟲與防治 p.199~218 載於四十年來台灣地區稻作生產改進專輯 黃正華先生農學獎學金基金會出版。
21. 鄭清煥 1980 第一期稻作黑尾葉蟬棲群成長型式及其直接為害經濟防治適期之研究 興大昆蟲學報 15: 133~144。
22. 鄭清煥 1979 台灣一、二期作稻蟲害發生情形及其對產量之影響 p.191~205 載於台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集(謝順景、劉大江主編)。
23. 鄭清煥 1979 水稻褐飛蝨的經濟為害水平之研究(II)褐飛蝨的棲群密度與水稻產量損失之關係 科學發展月刊 7(11): 1103~1114。
24. 鄭清煥 1978 水稻褐飛蝨之防治 p.95~111 載於昆蟲生態與防治研討會講稿集(蘇仲卿等會編 中央研究院動物研究所刊行)。
25. 鄭清煥 1971 施用氮肥對水稻抵抗褐飛蝨之影響 農業研究 20(3): 21~30。
26. 嚴奉瑞 1973 台灣害蟲之天敵 國立台灣大學植物病蟲害系昆蟲研究室編。
27. Cheng, C. H. 1984 Studies on integrated control of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) in Taiwan. Chinese. J. Entomol. 4(2):149-168.
28. Cheng, C. H. 1983 Studies on the integrated control of brown planthepper *Nilaparvata lugens* (Stal) in Taiwan. Ph.D. Thesis, Tokyo Univ., Japan. 335 pp.
29. Cheng, C. H. 1981 Chemical Control of the brown planthopper with special reference to its population dynamics. Chinese J. Entomol. 1:73-103.
30. Cheng, C. H and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to brown planthopper in Taiwan. P.251-271, *In* Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, IRRI. Philippines.
31. Chelleah, S. 1979. Insecticide application and brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) resurgence in rice. IRRI, Los Banos, Philippines. 69PP.
32. Chelleah, S. and E. A. Heinrichs. 1980. Factors affecting insecticide- induced resurgence of brown planthopper, *Nilaparvala lugens* on rice. Environ. Entomol. 9:773-777.
33. Headley, J. C. 1972. Defining the economic threshold, pp.100-108. *In* Pest control strategies for the future. National Academ.of Science, Washington, D.C.
34. Hshih, H. P and C. H. Cheng 1992 Present status of rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kassel in Taiwan. p.104-121, *In* Internationa wlorshop on establishment, spread, and management of the rice water weevil and migratory rice insect pests in east Asia (edt. by Hirai K).
35. Heinrichs, E. A., G. B. Aquino, S. Chelliah, S. L. valencia and W. H. Reissing. 1982. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stal) populations as influenced by method and timing of insecticide application in lowland rice. Environ. Entomol. 11:78-84.
36. Heinrichs, E. A., R. P. Basilio, and S. L. Valencia. 1984. Buprofezin, a selective insecticide for management of rice planthoppers (Homoptera: Cicadellidae). Environ.Entomol. 13(2):515-521.
37. Suenaga, H. 1959. Damage caused by the plant and leafhopper and its assessment. Abstract of the 3rd symp. on the assessment of insect damage. Jap. Soc. Appl. Entomol. and Zool. Todyo. Japan.
38. Stern, V. M., R. F. Smith, R. Van den Bosch and K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29(2):81-101.

Integrated Control of Insect Pests on Rice in Taiwan

Ching-Huan Cheng¹

ABSTRACT

In Taiwan, one hundred and forty species of insect pest had been recorded on rice, among them, about 10 were considered economic importance to rice production. These pests caused about 15 and 30% yield losses in the first and second rice crop, respectively. Chemical application was wildly and heavy used for preventing such losses during the period from years 1950 to 1970, that resulting a considerable side effects to the pests and enviroment. In order to solve such problem, a serial studies for developing integrated control of the pests have been conducted during past 20 years. These were including determination of economic thershold of the pests and timing of control, regulation of the use of nitrogen application and water management, development of resistant varieties to the major insect pests, development of the techniques for monitoring and forecasting the abundance of insect pests, and the measures of using insecticides. At present, a simple integrated control system have been developed and are widly and practically used by the farmers. By using this approach, insecticide application could reduced to more than 50% as comparison with the period of 1950 to 1970, and the profit of insect control to farmers and the population densiy of natural ememies in the paddy fields increased remarkably.

¹ Chiayi Agricultural Experiment Statation, TARI, Chiayi, Taiwan, R.O.C.